

MADEN TETKİK VE ARAMA DERGİSİ

Türkçe Baskı

2014

149

İÇİNDEKİLER

Tuzgözü Havzası Kuvaterner Tortularının Fasiyes Özellikleri ve Denetim MekanizmalarıAlper GÜRBÜZ ve Nizamettin KAZANCI	1
Tuz Gölü Fay Zonunun Neotektonik Dönem Özellikleri, Depremselliği, Geometrisi ve Segment YapısıAkın KÜRÇER ve Yaşar Ergun GÖKTEN	19
Karaburun (İzmir) Çevresinin Neojen Stratigrafisi ve Paleocoğrafik EvrimiFikret GÖKTAŞ	71
Malatya Oligo-Miyosen Havzasının Bentik Foraminifer Faunası (Doğu Toroslar, Doğu Türkiye)Fatma GEDİK	95
Qushchi (KB İran, Batı Azerbaycan) Amfibolitlerinin Tektonomagmatik Özellikleri ve Protolit TipiMohssen MOAZZEN	141
Bozkır Formasyonunda Gliberit-Halit Birlikteliği (Pliyosen, Çankırı-Çorum Havzası, Orta Anadolu, Türkiye)İlhan SÖNMEZ	155
Basit Zemin İndeks Özelliklerini Kullanarak Şişme Basıncının HesaplanmasıKamil KAYABALI ve Özgür YALDIZ	179
Gömülü Jeolojik Sınırların Görüntülenmesine İki Örnek: Obruk Yapısı ve Seyithacı Fayı, Karapınar, KonyaErtan TOKER, Yahya ÇİFTÇİ, Aytekin AYVA ve Akın KÜRÇER	193
Türkiye Jeotermal Potansiyelinin Isı Akısı Hesaplamasıyla DeğerlendirilmesiUğur AKIN, Emin Uğur ULUGERGERLİ ve Semih KUTLU	205
Mineral Gelişimi ve Biyokimya Hakkında Kısa NotJosé Mario AMİGO	215
Güney Marmara Bölgesindeki Büyük Vadilerin Olası Deşilme Zamanları (N. Kazancı, Ö. Emre, K. Erturaç, S.A.G. Leroy, S. Öncel, Ö. İleri, Ö. Toprak; MTA Dergisi 148, 1-17) Makalesine Eleştiri ve DüzeltmeNizamettin KAZANCI	223
Katkı Belirtme.....	225
Maden Tetkik ve Arama Dergisi Yayın Kuralları.....	227



Maden Tetkik ve Arama Dergisi

<http://dergi.mta.gov.tr>



MİNERAL GELİŞİMİ VE BİYOKİMYA HAKKINDA KISA NOT

A BRIEF NOTE ON MINERAL EVOLUTION AND BIOCHEMISTRY

José María AMIGÓ^{a*}

^a Crystallography and Mineralogy Unit, Department of Geology, University of Valencia, 46100-Burjassot (Valencia), Spain

Anahtar sözcükler:
jeoloji, mineraloji,
dünyasal ve dünya dışı
mineral evrimi, yaşamın
varlığı, biyokimya

ÖZ

Doğal inorganik maddeler (mineraller ve kayalar) yer kürenin sınırlarını aşmaktadır. Bu nedenle, konusu yer küreyi araştırmak olan jeoloji disiplini, doğal inorganik dünyanın sadece küçük bir bölümünü temsil edebilmektedir. Evrenin oluşumu ile ilgili belirli sorular, güneş sistemimizin ve yer kürede yaşamın evrimi ile ilişkilidir. Bu makalede, evrenin oluşumu (günümüzden yaklaşık 15 milyar yıl önceden bu yana) ile ilgili deneysel fizik ve doğal bilimler alanında yürütülen son tartışmalar, minerallerin oluşumu (günümüzden 4 milyon yıl önce) ve yer küredeki yaşamın biyokimyasal görünümü (günümüzden en çok 3 milyon yıl önce) ile birlikte ele alınmış ve tartışılmıştır. Yer küre oluştuğunda, günümüzde tanımlayabildiğimiz 4400'den fazla mineral bulunmuyordu. Kozmologlar, ilk elementin ancak büyük patlamadan yaklaşık on milyar yıl sonra ergime işlemleri yoluyla oluştuğunu düşünmektedirler. Dünyasal ve/veya dünya dışı madde mineralojisi araştırmalarında yer küre üzerindeki mineral oluşumunun jeolojik evriminin araştırılması, astronomi, biyoloji, kimya ve diğer deneysel doğal bilimlere göre çok daha ilginç bir araç durumundadır.

Keywords:
geology, mineralogy,
terrestrial and
extraterrestrial mineral
evolution, life existence,
biochemistry.

ABSTRACT

The natural inorganic materials (minerals and rocks) exceed the limits of the Earth. Therefore, the geology, which is the study of the Earth, represents only a small part of the natural inorganic world. Certain questions about the genesis of the universe are related to the evolution of our solar system and the evolution of life on our planet. In this paper, recent contributions from experimental physical natural-sciences to the formation of the universe (about 15 billion BP) coupled with the occurrence of minerals (4 million years BP) and the biochemical appearance of life (not more than 3 million years) on the Earth are discussed. When Earth was formed, none of the more than 4,400 minerals we know today were existed. Cosmologists estimate that nearly ten billion years after the Big Bang the first elements produced by the melting process. The geological history of mineral evolution on the Earth is an interesting tool to study terrestrial and/or extraterrestrial mineralogy in regard to astronomy, biology, chemistry and other experimental natural sciences.

1. Giriş

Bu makalenin amacı, Evrenin geri kalanında olduğu gibi, yer küredeki yaşamın varlığı ile minerallerin oluşumunu ilişkilendirmektir. Yer küre ile Evren, birbirlerinden bağımsız iki kavram değildir. Doğal inorganik dünya, birçok yazar

(Banfield vd., 1998; Amigó ve Ochando, 2001; Bleeker, 2002; Hazen ve Ferry, 2010) tarafından da belirtildiği gibi, jeolojik evrim ve yaşam olgusu arasındaki ilişki gözetildiğinde yer kürenin sınırlarının ötesine taşmaktadır. Bu nedenle, Yer küre'nin araştırılması ile ilgili olan jeoloji, doğal inorganik dünyanın ancak çok küçük bir kısmını

* Başvurulacak yazar: J.M. AMIGÓ, jose.m.amigo@uv.es

temsil etmektedir. İlk olarak, astronomi ile jeoloji arasında bir benzerlik ilişkisi kurabiliriz; her ikisi de temel olarak gözleme dayalı verilere dayanan bilgi üzerine kurulmuş bilim dallarıdır. Deneysel yöntem ve teknikler kullanılarak yapılan astronomik ve jeolojik gözlemlerden üretilen bilimsel bilgi, geçmiş, bugün ve gelecekte gözlemlenebilir olaylar arasında ilişki kurmayı sağlayabilir. Bu görüşe uygun olarak, her türlü biyolojik, jeolojik, fiziksel ve kimyasal bakış açılarının birleştirilmesi ile Evren ve Yerküre'nin evrimsel bakış açısını kurabiliriz. Bu anlamda, Evren'in oluşumu, güneş sistemimizin oluşumu ve gezegenimizdeki yaşamın evrimi ile ilişkilidir. Evren'in oluşum yaklaşık 15 milyar yıl iken, jeolojik yaşı yaklaşık 4.5 milyar yıl olan gezegenimiz üzerinde insan ancak 3 milyon yıl önce ortaya çıkabilmiştir (Mann ve Weiss, 1996). Gezegenimizin yaşı, izotop yaşlandırma yöntemleri kullanılarak hassas jeokronoloji yöntemi ile saptanmıştır.

Daha sonra, aynı zamanda yaklaşık 4.400 mineralin oluştuğu biyolojik, fiziksel ve kimyasal işlemlerin evrimi bakış açısını kullanarak yer kürenin jeolojik tarihini özetlemeye çalışacağım (Hazen, 2010). Bir mineral, tipik olarak inorganik olarak oluşan, üç boyutlu uzayda belirli bir atomik diziliş gösteren, belirli bir kimyasal bileşimi olan (ancak genellikle kararlı olmayıp değişik sınırlar arasında değişkenlik gösterir), doğada homojen bir katı maddedir. Bununla birlikte, gezegenimizin tektonik olarak aktif halde olduğunu, madde ve enerjinin hem dış uzay ile hem de içsel jeolojik süreçler ile ilişkili halde olduğunu biliyoruz. Bu ilişkiler, levha tektoniğine (ki kıtaların hareket etmelerine ve çarpışmalarına, depremlere, volkanizmaya ve dağ oluşumuna neden olur), doğal kaynakların oluşumuna (fosil yakıtlar, kayaç ve mineraller) ve yaşamın ortaya çıkışı ile oluşumuna (gezegenimizin jeolojik tarih boyunca atmosfer ve hidrosferin gelişim ve etkileşimleri sırasındaki karmaşık biyokimyasal reaksiyonlar yoluyla) yol açmıştır.

Dünya şekillendiğinde, günümüzde bilinen 4.400'den fazla mineralin hiç biri yoktu (Hazen vd., 2008; Hazen, 2013). Kozmologlar, ilk yıldızların, büyük patlamadan 10 ila -5 milyar yıl sonra, ilk elementlerin ergime işlemleri ile oluşmaları sırasında, H ve I (belki biraz da Li) elementlerinin yoğunlaşması ile oluşmaya başladıklarını düşünmektedirler (Schatz, 2010).

Güneş sisteminde ve yakın yıldızlardaki element dağılımı, ancak dev yıldızların süpernovalara

dönüşüklerinde meydana gelen nükleer reaksiyonlar (Nükleosentez) ile açıklanabilmektedir. Triple- olarak da ifade edilen ve onlarca milyon yıl süren bu reaksiyonlar, karbon gibi daha yüksek atom numaralı elementlerin oluşumunu olanaklı hale getirir. Demir, bu süreçte en son oluşan duraylı elementtir. Bu nedenle, elmas, grafit ve SiC ile birlikte bulunan magnezyumun nitritleri, oksitleri ve silikatlerine ait katı mineral parçaları, gezegenimsi gök cisimleri ile yıldızlar arası madde içinde daha bol halde yoğunlaşmış olan (nanometre boyutunda toz) ve Evren'deki ilk yıldızların oluşumunu sağlayan malzeme olmalıdır (Clayton ve Nittler, 2004). Belki de Evren'de on milyonlarca yıl boyunca sadece bir düzineden fazla olmayan basit mineral kristali bulunmuştur.

Yıldız sisteminin oluşumundan itibaren Dünya'daki mineralleri etkileyen biyolojik, jeolojik, fiziksel ve kimyasal ayrışma aşağıdaki şekilde Evrelendirilebilir (Hazen vd., 2008):

- Gezegen oluşturacak parçacıkların yıldız öncesi nebuladan ayrışma ve birbiri üzerine yığılmaya başlaması,
- Yer kürenin katı kabuğunun ve manto-çekirdek bölümlenmesi sırasında (ancak halen ayrışmamış olan) ilksel jeokimyasal ayrışmanın başlaması,
- Yer kürenin atmosferinin biyojeokimyasal evrimi.

2. Yer Kabuğundaki İlk Mineraller: Yıldızlar Arası Toz Parçacıkları (>4.5 Milyar Yıl)

Mineral oluşumu (Şekil 1), solar nebula olarak adlandırılan ve çok geniş bir alana yayılan, yıldızlar arası maddelerin yoğunlaşması ve ayrışması ile oluşan yıldızlar arası gaz ve toz bulutu ile başlar. Bu madde daha sonra kendi içine çöküp yoğunlaşarak yıldız sistemindeki gezegenleri oluşturmuştur. Bu sırada, yani 4.5 milyar yıl önce, yıldızlar arası madde içinde gelişen yığılma reaksiyonları ile, komet ve meteoritlerin oluştuğu asteroidler oluşmuştur. Asteroidlerin mineral bileşimi gezegenimizden çok daha basittir. Bu dönemde yığılma ile oluşan ilk mineraller [1. Evre: kondritik mineral oluşumu (>4.5 Milyar yıl)] çoğu kondritik meteoritin (taş meteorit) refrakter bölümünü oluşturan minerallerdir. Kondritik meteoritler, küresel şekilli ve nanometrik boyutta karbonlu kondrüller içerir ve kökeni belirsiz organik madde (değişken hidrokarbon ve aminoasit) içermesi ile karakterize edilir (Wood, 1967; Masuda

vd., 1973; Richardson, 1978). Bu bileşenler büyük olasılıkla biyolojik kökenli değildir. Bununla birlikte bunların varlığı, solar nebula'nın dış kesimlerinde oluşan ve meteoritlerin oluştuğu çekirdekleri oluşturan organik bileşenler ile ilişkilendirilmelidir. Yer kabuğunun henüz katılaşmadığı bu aşamada, nanometre boyutlarında birkaç düzine, yaklaşık 60 kadar mineral oluşmuş olmalıdır.

Hadean dönemi (Uluslararası Stratigrafi komitesi tarafından henüz tanınmamıştır) Prekambriyen priyodunun ilk bölümünü oluşturur ve yer kürenin oluşumunun 4.6 ile 3.8 milyar yıl aralığını, ilk yer kabuğunun oluştuğu dönem tanımlar (Goldblatt vd., 2010). Bu erken dönemde yer küre son derece yoğun bir meteorit bombardımanına uğramıştır [2. Evre: Alterasyon, diferansiyasyon ve planetesimal (mikro yıldızlar arası toz parçacığı) metamorfizma (4.5 – 4.4 Milyar yıl)]. Yer yüzeyinde sıcaklığın düşmesi, düşük sıcaklık mineral fazlarının (<100°C) oluşumunu olanaklı hale getirmiş olup bu süreçte hidroksitler, sülfatlar ve karbonatların yanı sıra, olivin ve piroksenin sulu alterasyonu ile klorit, serpantin, talk ve diğer fillosilikatler oluşmaya başlamıştır. Bu meteor bombardımanı sırasında aynı zamanda akondrit meteoritler de demirli taş meteorit ve siderit (genellikle demir ve nikel bileşimlidirler) olarak sürece katılmışlar ve yer kabuğunun bileşimini değiştirmeye başlamışlardır. Taş akondrit meteoritlerin bazı türleri, ağırlıklı olarak piroksen ve plajyoklastan oluşan magmatik mineral birliği içerir ve bunlar aynı zamanda yer kabuğunun ilksel planetesimal kabuk bileşimini yansıtır. Bu dönemdeki yoğun meteorit bombardımanı sonucunda bazı çok önemli mineraller, daha sonra yer kabuğunun ana bileşimini oluşturan kuvars (SiO_2), feldispat (KAlSi_3O_8), titanit (CaTiSiO_3), zirkon (ZrSiO_4) ve diğer hidrotermal alterasyon ve metamorfizma yoluyla oluşan mineraller oluşmuştur (Hartman ve Davis, 1975; Nickel, 1995; Nickel ve Grice, 1998; Aspaug vd., 2011). Bunun aksine, Fe-Ni meteoritleri, yer kürenin çekirdeğini oluşturmaya başlamış olup bunlar ağırlıklı olarak Fe-Ni alaşımı (kamasit, taenit), metal sülfür [troilit: FeS_2], karbid, grafit ve prebiyotik fosforun ilksel kaynağı olan fosbit [barringerit: $(\text{Fe}, \text{Ni})_2\text{P}$; şraybersit: $(\text{Fe}, \text{Ni})_3\text{P}$] bileşimindedir. Diğer fosfatlar, SiO_2 'nin yüksek basınç fazları (koesit) ve elmas da Fe-Ni meteoritleri ile ilişkilidir. Bu evre sonunda yaklaşık 250 mineral oluşmuştur (Şekil 1).

3. Dünya Soğuyor: Güncel Kabuk Ve Mantonun Oluşumu (4.5 – 2.5 Milyar Yıl)

Ay'ın bileşiminin yer yüzeyi ile aynı bileşimde olduğu keşfedilmeden önce, Ay'ın bileşiminin

Dünya'nın bileşimi ile tamamen aynı olduğuna inanılıyordu. Çok büyük bir asteroid ya da ilkel gezegenin Dünya'ya afetsel şekilde çarpması (4.6 Milyar yıl önce) sonucu kabuk ve üst mantonun bir kısmının ergimesine yol açmıştır. Bu büyük çarpışma Dünya'yı, Ay'ı ve olasılıkla diğer dört gezegeni etkilemiştir. Bu gezegenlerin yüzeylerinde ağırlıklı olarak magmatik kayalar bulunmakta olup bu kayaların mineralojileri çok uzun süreler boyunca meteorit ve komet çarpmaları nedeniyle oldukça etkilenmişlerdir. Bununla birlikte, yer kabuğunun günümüzde dengelenmiş olan mineralojisi çok büyük değişimler geçirmiştir. Bunun nedenlerinden biri, hem kabuğu hem de mantoyu etkileyen levha tektoniği ile ilişkili olarak ortaya çıkan petrolojik, jeokimyasal ve jeodinamik olayların varlığıdır. Jeologlar, Grönland, Kanada ve Avustralya'da Hadean dönemine ait kayaları saptamışlardır. Avustralya'daki bazı kuvarsitlerdeki zirkonlardan yaklaşık 4.4 Milyar yaş elde edilmiş olup (Wilde vd., 2001) bu aynı zamanda Dünya'nın oluşum yaşı olarak kabul edilmelidir (Şekil 1) [3 Evre: kayaların oluşumunun başlaması (4.5 – 4.0 Milyar yıl)]. Bu dönemde etkin olan magmatik aktivite (magmatik diferansiyasyon: Bowen, 1956) sonucunda başlıca uçucu elementler oluşmuş olup çok çeşitli magmatik ve volkanik kayaların oluşumu sağlanmıştır. Tüm bu çeşitlilik ve mineraloji, atmosfer ve hidrosferin oluşumuna neden olmuştur (Cloud, 1968).

Bu erken dönem atmosferinin bileşenleri N_2 , CO_2 ile H_2O ve H_2S , az miktarda da CO , H_2 ve CH_4 'tür. Bu atmosfer ile (kabuğun) teması sonrasında ilk ürünler olarak sulu silikatler (ilk kil mineralleri) ve hidroksitler oluşmuş olmalıdır. Sonuç olarak bu dönemde kutuplardaki sıcaklık donma noktasının altına inmiş, böylelikle kristalen H_2O ilk kez ortaya çıkmıştır. Bu Evre boyunca yaklaşık 350 mineral oluşup yayılmış olmalıdır.

Hadean ve Arkeen sınırında [4. Evre. Granit oluşumu ve kratonların oluşmaya başlaması (4.0 – 3.5 milyar yıl)], kıta kabuğu çekirdeklerini oluşturan jeolojik formasyonlar olan kratonlar oluşmaya başlar; bunlar manto-litosfer oluşumunun kalıntıları ile birlikte ilksel yer kabuğuna ait duraylı kaya kütlelerinden oluşmuşlardır (Hamilton, 1999). Mineral oluşumunun bu evresinde gezegenimizin iç ısısı, ilksel bazaltik kabuğun ergimesine yetecek kadar yüksek olup buradan itibaren granitoidler veya granitik kayalar oluşmaya başlamıştır (Leake, 1990). Her ne kadar bu kayaların kesin yaşları halen belirsiz olsa da, kıtasal granitik kabuğun oluşumu için çok sayıda yüzlerce milyon yıl gereklidir (Şekil 1). Granitoidlerin oluşumu pegmatitlerin oluşumunu

tetiklemiş, böylelikle nadir toprak elementleri ile Li, Be, B, Nb, Ta, U ve diğer bazı elementleri bünyesinde toplamaya başlamış ve 500 veya daha fazla mineralin oluşumunu sağlamıştır.

Kıtasa kütleler incelendiğinde saptanan bazı olası volkanik olayların, günümüzde levha tektoniği olarak bilinen, levhaların yer değiştirmesi ve dalma-batma olayları ile ilişkili olduğunu, yani jeodinamik yer değiştirmelerin söz konusu olduğunu göstermiştir [5. Evre: Levha Tektoniğinin Başlaması (>>3.0 Milyar yıl)]. Bu jeodinamik süreçlerin ilk başlangıcındaki olaylar halen bilim camiasında tartışılmaktadır (Rogers, 1996; Stern, 2007). Bu sürece ait bazı olaylar 4 Milyar yıldan biraz daha yakın dönemde başlamış olsa da, jeodinamik süreçler 3 milyar yıl dolayında çok daha net olarak gözlenmektedir (Şekil 1). Yaşları 3.8 ve 3.5 milyar yıl olan kıta kütleleri, yerkürede saptanmış en yaşlı kayaçlardır. Bu dönemde ayrıca Avusturalya kratonunda ilk Cu-Pb-Zn sülfid hidrotermal yatakları (3.5 milyar yıl); Afrika Kalkanı'nda Au ve U plaser yatakları (2.9-2.7 milyar yıl); Kanada Kalkanı'nda 2.4 milyar yaşındaki U yatakları belirlenmiştir. Ancak bu yatakların çoğu metamorfik süreçler ile ilişkilidir ve bu süreçler aynı zamanda selenidler, tellüridler, arsenidler, antimonidler ve diğer sülfotuzlar gibi çok sayıda ikincil mineral fazlarının oluşumunu sağlamıştır. Levha tektoniğinin bir diğer çıktısı da, disten $[Al_2SiO_5]$, lawsonit $(CaAl_3Si_2O_8 \cdot 2H_2O)$, glokofan $[Na_2(Fe, Mg, Mn)_3AlSi_8O_{22}(OH)_2]$, stavrolit $(Fe, Mg)_2Al_9(Si, Al)_4O_{20}(O, OH)_4$ ve jadeit $NaAlSi_2O_6$ gibi ortaç basınç minerallerinin oluşumunu sağlamasıdır. Bu dönemde yer kabuğundaki mineral bolluğunu kestirmek güç olsa da, olasılıkla manto ve kabukta meydana gelen jeodinamik süreçler yoluyla ilave 150 yeni mineral ve sülfotuz oluşmuş olmalıdır.

Biyolojik yaşamın başladığı dönem olarak kabul edilen Arkeon döneminde ortaya çıkan ilk bakteriler, sedimanter Fe bantlarının [hematit: Fe_2O_3 ; manyetit: $Fe^{+2} Fe^{+3}_{2O_4}$] ve karbonat resiflerinin oluşmasını sağlamıştır. [siderit: $FeCO_3$; dolomit: $CaMg(CO_3)_2$; kalsit: $CaCO_3, \dots$][6. Evre: Anoksijenik fotosentez (3.9 – 2.5 Milyar yıl)] (Şekil 1). Her ne kadar o dönemde kara alanlarının kısıtlı oluşu mineral oluşumuna ara vermeyi gerektirse de, ayrışma-bozunma (weathering) süreçleri ve erken dönemdeki yaşamsal faaliyetler ile bu kısıtlı kara alanlarında 1500 yeni mineral oluşmuştur. Bu dönemde normal olarak killer ve geçiş metal sülfidler olmak üzere iki mineral grubu dikkate alınmalıdır.

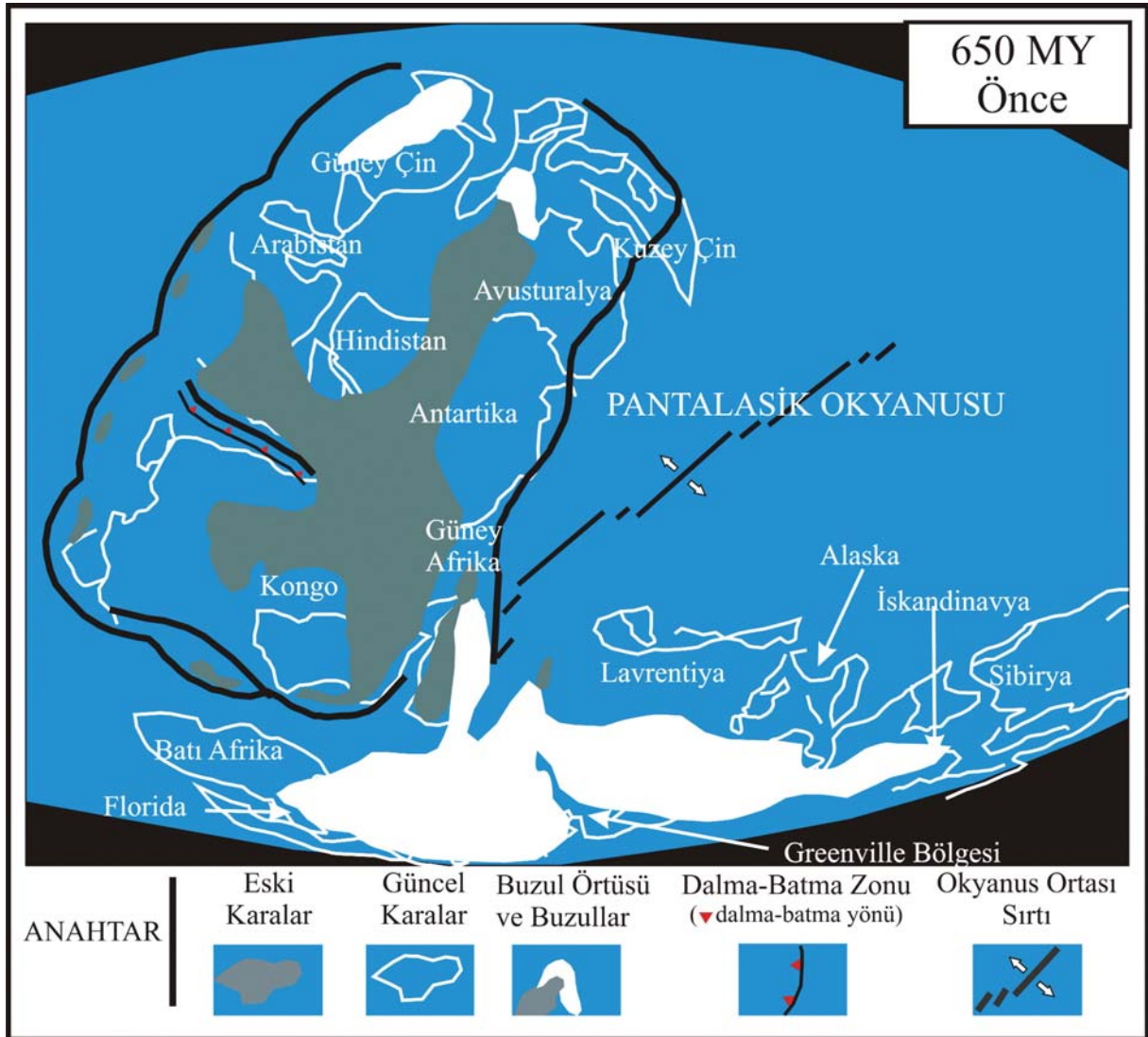
4. Oksijen: Hayatın Molekülü (2.5 Milyar Yıl-Günümüz)

Yaşamın kökeni üzerinde henüz bir fikir birliği oluşmamış olsa da (Lowenstam, 1981; Arrhenius, 2003; Parnell, 2004), bunun için en alt düzeyde mineral oluşumu gereklidir. Dünya'da yaşamın başlaması hakkında değişik görüşler bulunmaktadır. Kimi yazarlar dünya dışı ya da dünyasal kökenden söz ederken, diğer bir grup ise Dünya'da yaşamın başlangıcında önce RNA'nın, sonra DNA'nın, son olarak da protein moleküllerinin oluşmasının önemli bir rol oynayabileceğini savunmaktadır (Orgel, 1998).

Dünya atmosferinin doğası, atmosferdeki oksijen miktarının arttığı (ilksel oranın sırasıyla % 0.1 – 0.2 oranında artması) Paleozoyik döneminde değişmiştir [7. Evre: Büyük Oksidasyon (2.5 – 1.9 Milyar yıl)] (Şekil 1). Bu artış, fotosentez yoluyla oksijen yoğunluğunun artması ile başlar. Dünya atmosferinin bu geri döndürülemez dönüşümü, yer yüzeyinin mineralojisini de Evreli olarak değiştirir (Bekker vd., 2004). Ekonomik öneme sahip Fe-Mn yataklarının büyük bir bölümü (yaklaşık %90'ı) ve diğer sedimanter maden yatakları bu dönemin başında (2.8 ile 1.8 milyar yılları arasında) oluşmuşlardır [kutnahorit: $Ca(Mn, Mg, Fe)(CO_3)_2$; pirolusit: MnO_2 , rodokrozit: $MnCO_3$, rondonit: $(Mn, Fe, Ca)SiO_3$, ribekit: $Na_2Fe_5Si_8O_{22}(OH)_2$, şamozit: $(Fe, Mg)_5(Al_2Si_3O_{10}(OH, O)_8$; krizokol: $(Cu, Al)_2H_2SiO_5(OH)_4 \cdot nH_2O$, turkuaz: $CuAl_6(PO_4)_4(OH)_8 \cdot 4H_2O$; kalkantit: $CuSO_4 \cdot 5H_2O$; malakit: $Cu_2(CO_3)(OH)_2$; azurit: $Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$; brokantit: $Cu_4(SO_4)(OH)_6$]. Bu minerallerin çoğu fotosentez yoluyla oksijenasyon ve okside edici ayrışma-bozunma ile ilişkilidir. Bazıları ilk olarak çok düşük oksijen koşullarında, yani anoksik ortamda oluşmuş olsalar da, 2500'den fazla mineral, diğer minerallerin okside edici ayrışma-bozunma olayları sonucunda hidrate olmuştur (sulu hale gelmiştir). “Büyük Oksidasyon” olayı ile ilişkili biyokimyasal süreçler, günümüzde tanımlanmış olan 4400 mineralin oluşumunda doğrudan ya da dolaylı olarak sorumlu olmalıdır. Yaklaşık bir milyar yıl boyunca neredeyse hiç, ya da çok çok az mineral oluşumu söz konusudur (Holland, 2006). Bu dönem boyunca, okyanuslardaki su katmanları arasında daha bol oksijenli yüzey katmanları ve anoksik derin katmanlar şeklinde çok net bir ayrım söz konusuydu; [8. Evre: Okyanus Ara Dönemi (1.9 – 1.0 Milyar yıl)]. Bu dönemde, Prekambriyen dönemi için karakteristik olan sedimanter demir bantları aniden kesilmiştir. Bu durum, okyanusların kimyasının mikrobiyal aktivite ve

güneş radyasyonu tarafından büyük ölçüde etkilendiğini göstermektedir. Paleoproterozoyik'ten Mezoproterozoyiğe geçiş, bu dönemlerdeki mineralojik süreçlerin oldukça benzer olduğunu göstermektedir. Burada önemli bir mineralojik değişim gözlenmez. Bu döneme özgü olarak kraton sınırlarında yaklaşık 1.8 milyar yaşında sedimanter Pb-Zn yatakları; Kanada ve Avustralya'da granitik kayaların ayrışma-bozunmasıyla 1.8 ila 1.1 milyar yıl yaşlı U yatakları; merkez – güney Afrika ve Merkezi Avrupa'da 1.4 ile 0.2 milyar yıl yaşlı sedimanter Cu yatakları belirlenmiştir (Şekil 2) (Evans, 2013; Marschall vd., 2013).

Mineral oluşumunun dokuzuncu evresi, iklim ve atmosfer bileşimindeki büyük değişimler ile karakteristiktir [9. Evre: Neoproterozoyik buzullaşma (1.0 – 0.542 Milyar yıl)]. Bazı jeologlar, Proterozoyik dönemin sonuna doğru, 0.75 ve 0.85 milyar yıl yaşlı kayalar içinde buzullaşmaya dair önemli veriler bulunduğunu kanıtlamışlardır. Görünüşe göre buzullaşma tüm kıtaları etkilemiş, öyle ki, buzullaşma tropikal enlemlere ilerlemiştir. Jeologların halen tartıştığı konu, bu dönemde okyanus ve denizlerin yüzeyi tümüyle mi yoksa hemen hemen tamamen mi buzla kaplandıdır (Şekil 1). Bu dönemde volkanik aktivite sürmekte olup atmosferdeki CO₂ düzeyi sürekli artmakta ve aragonit



Şekil 2. Orta Proterozoyik (yaklaşık 1100 milyon yıl) boyunca oluşan Rodinia, herhangi bir kaydın olmadığı ilk süper kıtadır (Evans, 2013; Marschall, 2013). Valencia Felipe Science Müzesi ilkelerine göre sayısallaştırılmıştır.

oluşumunu desteklemekteydi. Bu dönemin sonuna doğru atmosferik oksijen % 2 düzeyinden yaklaşık günümüzdeki % 15 değerine ulaşmış, böylelikle karalar üzerinde kil mineralleri oluşmuş (Kennedy vd., 2006) ve deniz suyunda fosfor (P) birikmeye başlamıştır.

Fanerozoik dönemin başında mineral oluşumunu belirleyen biyoloji idi [10. Evre: Fanerozoik biomineralizasyonu (< 0.542 milyar yıl)]. Bu dönemde oluşan 60'a yakın mineral mikroplar, bitkiler, omurgasızlar ve omurgalılar (insanın da içinde olduğu) tarafından etkilenmiştir (Şekil 1). Buna göre, Kambriyen'de ilk kez sert bölümlü organizmalar oluşmaya başlamıştır. Bu Kambriyen canlılarının iskeletleri kalsit ve/veya aragonit (CaCO_3), magnezyumlu kalsit ($(\text{Mg}_x\text{Ca}_{1-x})\text{CO}_3$), apatit ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{Cl}, \text{F}, \text{OH})$) ve opal ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$)'den oluşmaktadır. Kalsiyum karbonatlar, mercan, mollusk ve omurgasız canlıların iskelet yapısında hacimsel olarak en büyük paya sahip biyomineral durumundadır (Stolarski vd., 2007). Kambriyen'den Erken Karbonifer dönemine dek kalsit ağırlıklı mineral durumunda olmakla birlikte, Paleozoik sonundan Orta Jura dönemine doğru bu mineral yerini aniden aragonite bırakır. Bu değişim, iskelet oluşumunda magnezyumlu kalsit ve aragonit oluşumunu destekler nitelikteki okyanus suyu kimyasının değişimi ile ilişkilendirilebilir. Fosfat, özellikle omurgalılar (diş ve kemiklerde ana mineral) ve omurgasız canlıların (örneğin brakiopodların kabuklarında) iskeletlerinde yer almıştır. Fosfat çökelimi [başlıca hidroksi-apatite ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})\text{Ca}_5$) ve florapatite ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F})$) olarak], deniz suyunda bulunan mikro organizmalar tarafından kolaylaştırılmış ve günümüzde işletilen fosfat yatakları oluşmuştur. Karbonifer dönemi boyunca çok geniş alanlarda ormanlar gömülerek kömür yataklarını oluşturmuştur. Bazı bilim adamları, bu dönemde atmosferik oksijen birikiminin % 35'lere (güncel olarak bu değer % 21 dolayındadır) kadar yükseldiğini belirtmektedirler. Her ne kadar yer yüzeyini değiştirmemiş olsalar da, karalardaki bu bitki patlaması, toprak oluşumunun yanısıra günümüzde seramik ve inşaat sektöründe kullanılan kil minerallerinin ve yataklarının da oluşumunu sağlamıştır.

5. Sonuçlar

Mineraller genel olarak kimyasal bileşimlerine (Dana'nın sınıflama sistemine göre silikatlar, karbonatlar, Halitler.....) ve kristalokimyasal karakterlerine göre (Bragg tarafından silikatlar için

önerilen yapısal özelliklere göre; Nezosilikatler, siklosilikatler, inosilikatler, fillosilikatler, tektosilikatler) sınıflandırılırlar. Bu sınıflama normalde Dünya'nın jeodinamik tarihi içinde dünyasal mineraller ile ilişkili değildir. Mineral oluşumunun jeolojik tarihi, dünyasal mineraloji ile dünya dışı mineralojiyi biyoloji ile birlikte ilişkilendirmek açısından ilginç bir seçenektir. Biyoloji ve jeolojinin, biyokimyayı da içerecek şekilde, fizik ve doğa bilimlerinin birer parçası oldukları da (Reventós vd., 2012) akılda tutulmalıdır.

Geliş tarihi: 20.01.2014

Kabul tarihi: 14.07.2014

Yayınlanma Tarihi: Aralık 2014

Değnilen Belgeler

- Amigó, J.M., Ochando, L.E. 2001. Geologia i química del cosmos i de la Terra. *Publicacions de la Universitat de València*, 568 p.
- Aspaug, E., Jutzi, M., Movshovitz, M. 2011. Chondrule formation during planetesimal accretion. *Earth and Planetary Science Letters*, 308 (3-4) 369-379.
- Arrhenius, G.O. 2003. Crystals and Life. *Helvetica Chimica Acta*, 86, 1569-1586.
- Banfield, J.F., Welch, S.A., Edwards, K.J. 1998. Micro- bes as geochemical agents. *The Geochemical Society News*, 96, 11-17.
- Bekker, A., Holland, H.D., Wang, P.-L., Rumble III, D., Stein, H.J., Hannah, J.L., Coetzee, L.L., Beukes, N.J. 2004. Dating the rise of atmospheric oxygen. *Nature*, 427 (8), 117-120.
- Bleeker, W. 2002. Archaean tectonics: A review, with illustrations from the Slave craton. In C.M.R. Fowler, C.J. Ebinger, and C.J. Hawkesworth, Eds., *The Early Earth: Physical, Chemical, and Biological Development. Geological Society of London, Special Publication No. 99*, 151-181.
- Bowen, N.L. 1956. The evolution of the igneous rocks. *Dover Publications*, 332 p.
- Clayton, D.D., Nittler, L.R. 2004. Astrophysics with pre-solar stardust. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 42, 39-78.
- Cloud, P.E. 1968. Atmospheric and Hydrospheric Evolution on the Primitive Earth. *Science*, 160, 729-736.
- Evans, D.A.D. 2013. Reconstructing pre-Pangean supercontinents. *Geological Society of America Bulletin*, 125(11-12), 1735-1751.
- Goldblatt, C., Zahnle, K.J., Sleep, N.H., Nisbet, E.G. 2010. The Eons of Chaos and Hades. *Solid Earth*, 1,1-3.
- Hamilton, W.B. 1999. Archean magmatism and deformation were not products of plate tectonics. *Precambrian Research*, 91 (1-2), 143-179.
- Hartman, W.K., Davis, R.D. 1975. Satellite-Sized Planetesimals and Lunar Origin. *Icarus*, 24, 504-515.

- Hazen, R.M. 2010. Evolution of Minerals. *Scientific American*, 302, 58-65.
- Hazen R. M. 2013. Paleomineralogy of the Hadean eon: a preliminary special list. *American Journal of Science*, 313, 807-843.
- Hazen R.M., Papineau D., Bleeker W., Downs R.T., Ferry J.M., McCoy T.J., Sverjensky D.A. and Yang, H. 2008. Mineral evolution. *American Mineralogist*, 93, 1693-1720.
- Hazen, R.M., Ferry, J.M., 2010. Mineral evolution: Mineralogy in the Fourth Dimension. *Elements*, 6, 9-12.
- Holland, H.D. 2006. The oxygenation of the atmosphere and oceans. *Philosophical Transactions of The Royal Society*, B361, 903-915.
- Kennedy, M.J., Droser, M., Mayer, L.M., Pevear, D., Mrofka, D. 2006. Late Precambrian oxygenation: Inception of the clay mineral factory. *Science*, 311, 1446-1449,
- Leake, B.G. 1990. Granite magmas: their sources, initiation and consequences of emplacement. *Journal of the Geological Society*, 147, 579-589.
- Lowenstam, H.A. 1981. Minerals formed by organisms. *Science*, 211, 1126-1131.
- Mann, A., Weiss, M. 1996. Hominoid Phylogeny and Taxonomy: a consideration of the molecular and Fossil Evidence in a Historical Perspective. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 5(1), 169-181.
- Marschall, H.R., Hawkesworth, C.J., Leat, P.T. 2013. Mesoproterozoic subduction under the eastern edge of the Kalahari-Grunehogne Craton preceding Rodinia assembly: The Ritscherflya detrital zircon, Ahlmann- ryggen (Dronning Maud Land, Antarctica). *Precambrian Research*, 236, 31-45.
- Masuda, A., Nakumara N., Tanaka, T. 1973. Fine Structures of normalized rare earth patterns of chondrites. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 37, 2, 239- 248.
- Nickel, E.H. 1995. The definition of mineral. *Canadian Mineralogist*, 33, 689-690.
- Nickel, E.H., Grice, J.D. 1998. The IMA commission on news minerals and mineral names: Procedures and guidelines on mineral nomenclature. *Canadian Mineralogist*, 36, 913-926.
- Orgel, L.O. 1998. The origin of life – a review of facts and speculations. *Trends in Biochemical Sciences*, 23 (12), 491-495.
- Parnell, J. 2004. Plate tectonics, surface mineralogy, and early evolution of life. *International Journal of Astrobiology*, 3, 131-137.
- Reventós, M.M., Rius, J., Amigó, J.M. 2012. Mineralogy and geology: The role of crystallography since the discovery of X-ray diffraction in 1912. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 25 (3-4), 133-143.
- Richardson, S.M. 1978. Vein formation in the C1 carbonaceous chondrites. *Meteoritics*, 13, 141-159.
- Rogers, J.J.W. 1996. A history of continents in the past three billions years. *Journal of Geology*, 104(1), 91-107.
- Schatz, H. 2010. The evolution of elements and isotopes. *Elements*, 6, 13-17.
- Stern, R.J. 2007. When and how did plate tectonics begin? Theoretical and empirical considerations. *Chinese Science Bulletin*, 52 (5), 578-591.
- Stolarski, J., Meiborn, A., Prsenioslo, R., Mazur, M. 2007. A Cretaceous scleractinian coral with calcitic skeleton. *Science*, 318, 92-94.
- Wilde, S.A., Valley, J.W., Peck, W.H., Graham C.M. 2001. Evidence from detrital zircons for the existence of continental crust and oceans on the Earth 4.4 Gyr ago. *Nature*, 409, 175-178.
- Wood, J.A. 1967. Chondrites: Their metallic minerals, thermal histories, and parent planets. *Icarus*, 6 (1-3) 1-49.